



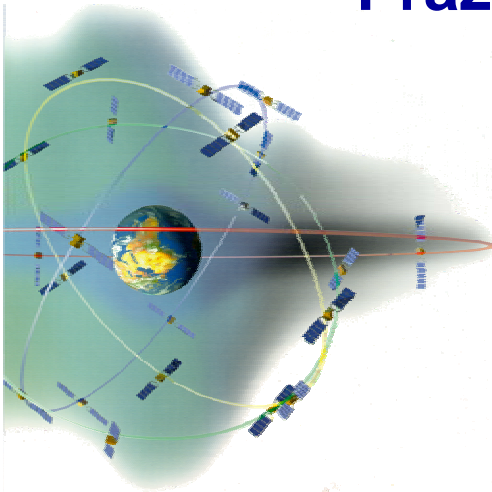
# **GBAS – erste Schritt im maritimen Umfeld**

**ALEGRO im Forschungshafen Rostock**

Dr. E. Engler

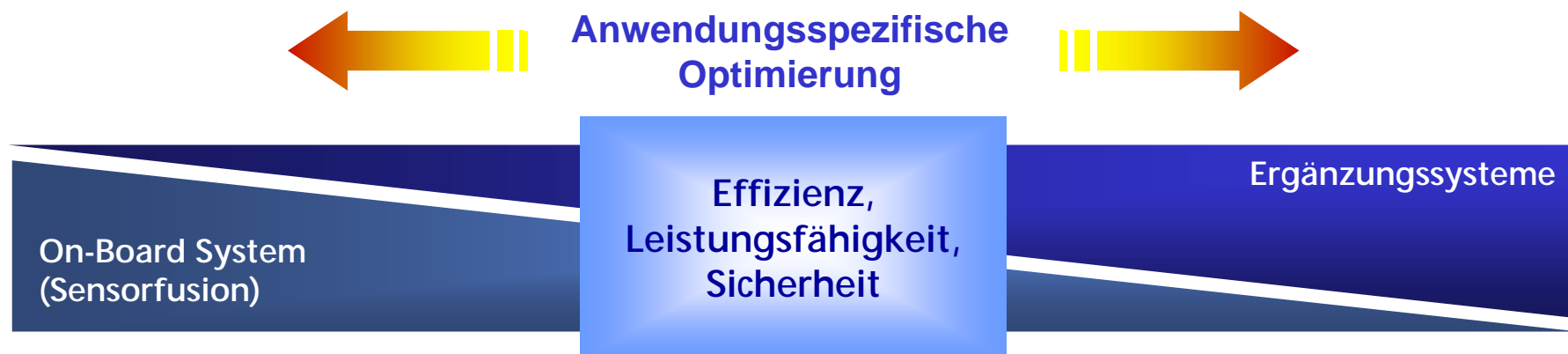


## Präzision und Verlässlichkeit der Ortung



Mit der Entwicklung von **Galileo** und der **Erneuerung bestehender Systeme wie GPS** werden satellitengestützte Navigationssysteme zur Verfügung stehen, die zur Gewährleistung ihrer **spezifizierten Leistungsparameter** im Sinne von Genauigkeit und Zuverlässigkeit eine **Eigenüberwachung des GNSS** vornehmen und zugeordnet **Nutzerinformationen in Echtzeit** verteilen.

Für **erhöhte Genauigkeits- und Integritätsanforderungen** aus Nutzersicht ist es erforderlich:





# Forschungshafen Rostock



Der **Forschungshafen Rostock** ist eine Initiative der Landesregierung **Mecklenburg-Vorpommern** in enger Kooperation mit der **regionalen Industrie, Universitäten und Forschungseinrichtungen**

## Ziele:




- Installation einer maritimen Testumgebung für die Anwendung und Validierung von Galileo-Schlüsseltechnologien im Umfeld des Hafens Rostock
- Integration der Galileo-Schlüsseltechnologien in maritime Navigations- und Transportprozesse
- Weiterentwicklung der maritimen Prozesstechnologien für eine effiziente und sichere Realisierung des Schiffsverkehrs und des Gütertransports
- Demonstration neuer Produkte und Dienste unter realen Nutzungsbedingungen.



# Motivation

**Positionieren und Navigieren** in allen Verkehrsbereichen sind **“Safety of Life” Anwendungen** existierender und zukünftiger Globaler Satellitennavigationssysteme (Schutz des Lebens und des Lebensraums)

## Maritime Anforderungen (IMO)

	 Ocean/Coastal SAR	 Port	 Automatic Docking	Galileo SoL
Positioning Error H/V (m)	< 10 / NA	< 1 / NA	< 0.1 / -	< 4 m / < 8 m
Alarm Limit (m)	25	2.5	0.25	12 m / 18 m
Time to Alarm (s)	10	10	10	< 6
Integrity Risk	1e-5/3h	1e-5/3h	1e-5/3h	3.5e-7/150s



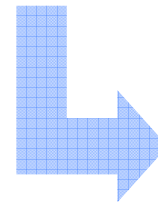
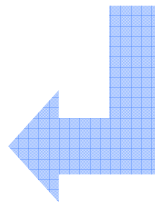
# Initialprojekte FH Rostock

## Testfeld für Galileo Schlüsseltechnologien

Ground Based Augmentation Systems (GBAS)  
ermöglichen die Erhöhung von Genauigkeit und Integrität GNSS basierter Ortung und  
Navigation in begrenzten Gebieten wie Häfen



Ergänzung durch  
Bereitstellung zusätzlicher  
GNSS-Signale mit Hilfe von  
Pseudolites



Ergänzung durch  
Bereitstellung von  
Korrektur- und Integritäts-  
daten in Echtzeit





# Projekt ALEGRO im FH Rostock

## Weiterentwicklung GBAS für maritime „Safety of Life“ Anwendungen

### 1. Entwicklung eines GBAS-Experimentalsystems im Hafen Rostock

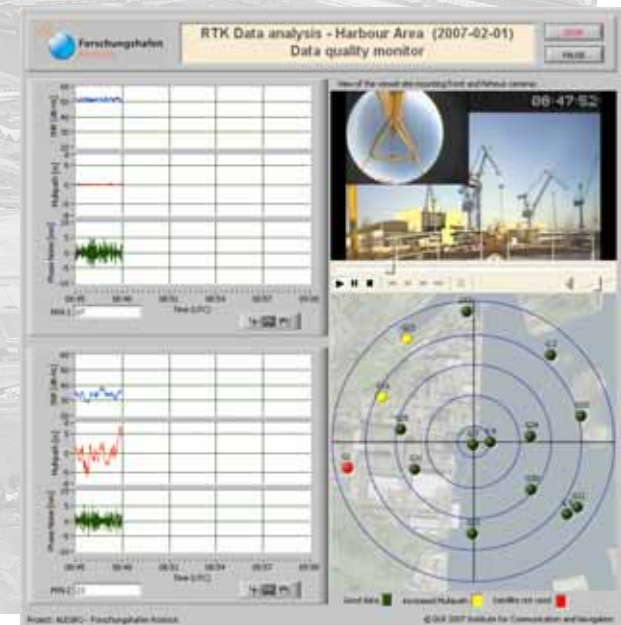
- Echtzeitbewertung des GNSS-Signals und der Positionierungsgenauigkeiten im lokalen maritimen Umfeld
- Messungen von SoL - kritischen Einflüssen

### 2. Entwicklung und Betrieb einer „Real Time GNSS Assessment Facility“

- Bereitstellung (Service) von Korrekturinformationen für die momentane, lokale GNSS-Leistungsfähigkeit (Genauigkeit, Integrität)
- Adaptive Gestaltung von Navigationsalgorithmen innerhalb des ALEGRO-Systems unter Verwendung der momentanen Signalgüte

### 3. Verbesserung des RTK-Verfahrens für maritime SoL-Anwendungen

- Mit Signal-Güte kontrollierte Navigationsalgorithmen
- Eigenüberwachung des GBAS-Systems
- Vorbereitung einer „multi-carrier“ und „multi-system“ Prozessierung (Ausnutzung GALILEO-Eigenschaften)





# Initialmesskampagne

## Hafen Rostock



Referenzstation  
am Pier 1  
(Fährterminal)



In direkter Umgebung der  
Referenzstation liefen  
routinemäßig Verkehrs-  
und Transportprozesse ab.

## TOPCON G3-A1 Antenne

### Funkantenne

- RTCM
- 380 – 470 MHz

- GPS & GLONASS
- Mehrwegereduktion durch Grundplatte



## TOPCON Legacy EGGD+ Receiver

- GPS/GLONASS Empfänger (24 Kanäle)
- 20 Hz RTK



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



## Forschungsschiff „Prof. A. Penck“

### TOPCON G3-A1 Antenne

- GPS & GLONASS
- Mehrwegereduktion durch Grundplatte

### 70 cm Radio Antenne

- Korrekturdatenempfang (RTCM)

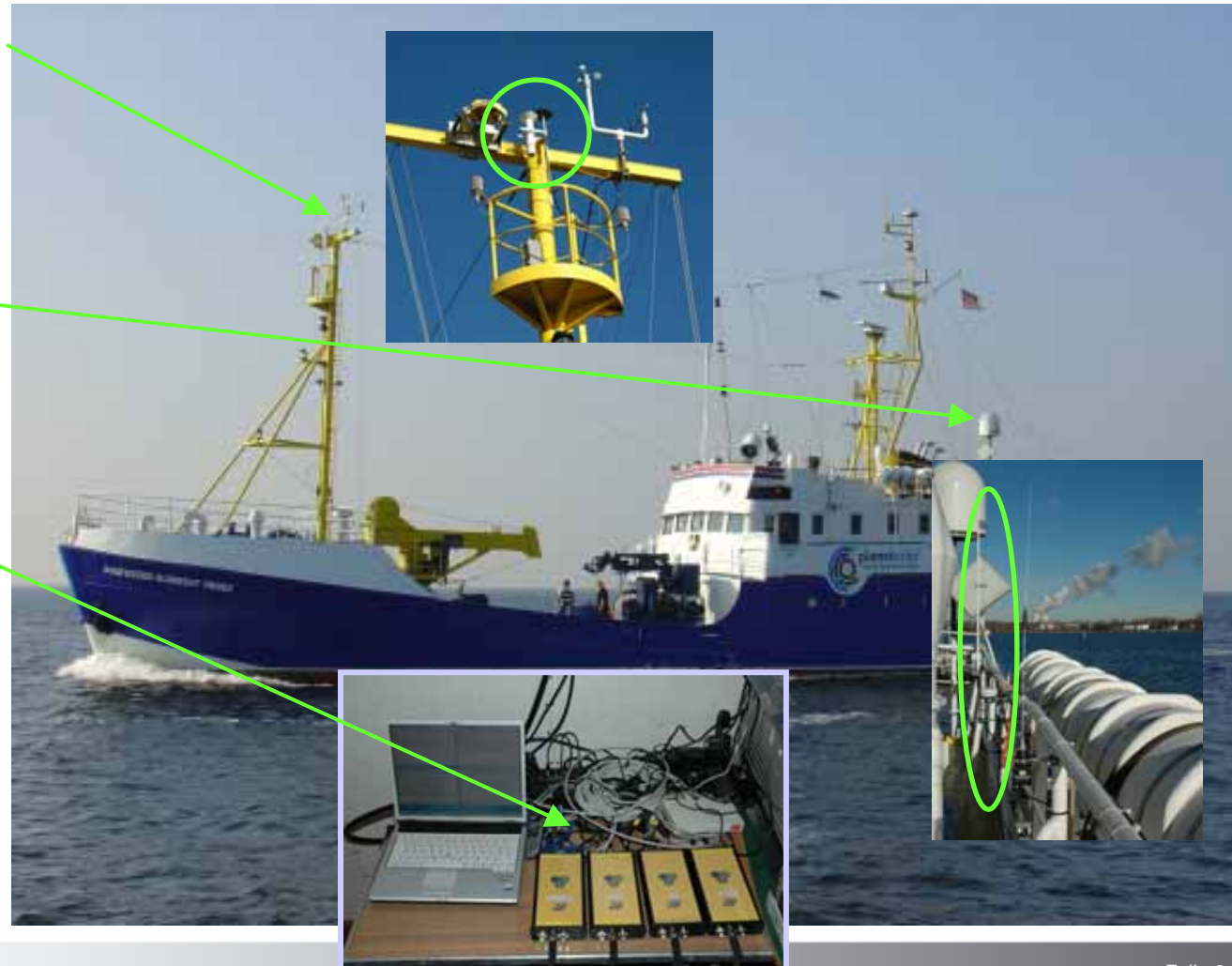
### 4 TOPCON Legacy EGGD+ Receivers

### Positionierung

- GPS und GLONASS „stand alone“
- EGNOS basiert
- RTK basiert



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



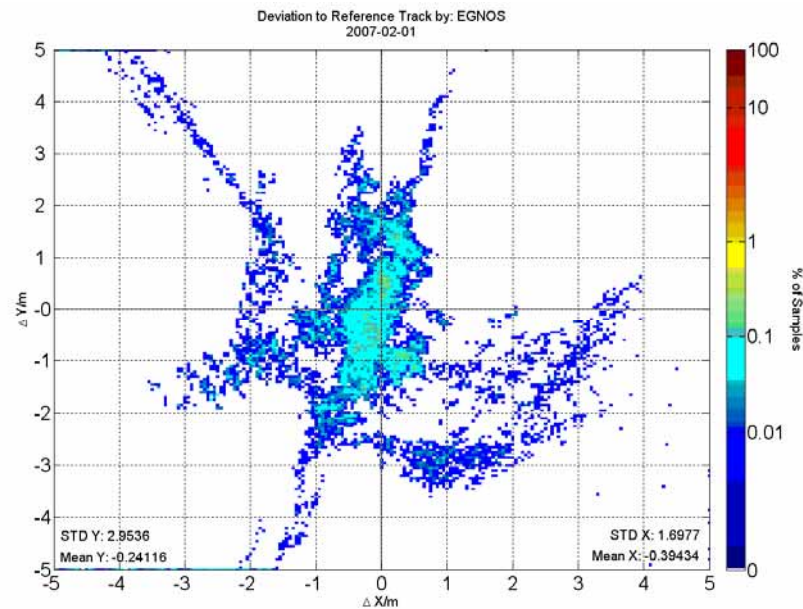




# Gemessene Genauigkeiten

(Hafen Rostock, Forschungsschiff „Prof. A. Penck“)

GPS / EGNOS  
(nur C/A-Code)



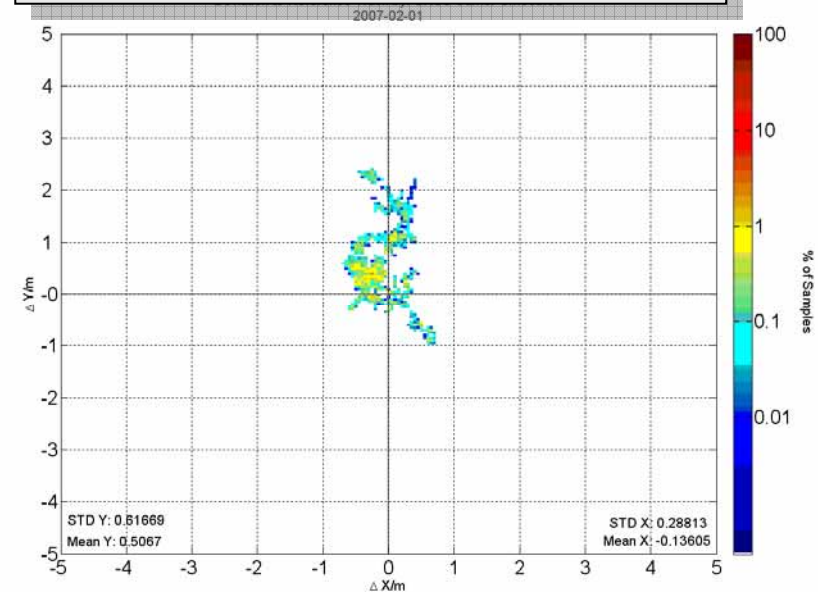
100 %

< 6 m

Verfügbarkeit Positionslösung

Positionsgenauigkeit (95%)

GPS + GLONASS stand alone  
(Zweifrequenz, Carrier Smoothing)



100 %

1.5 m



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Folie 9

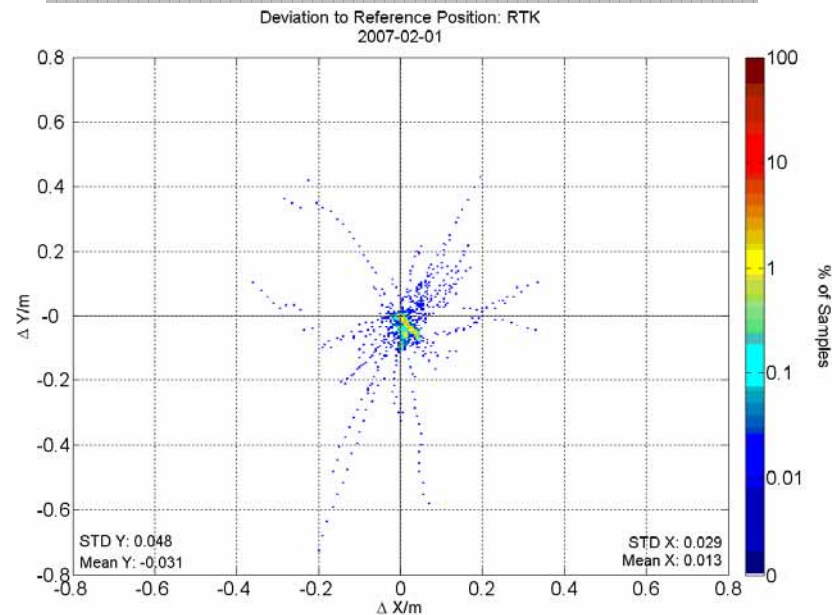
ITG-Diskussionssitzung "Galileo und Anwendungen" 05.06.2008



# Gemessene Genauigkeiten

(Hafen Rostock, Forschungsschiff „Prof. A. Penck“)

GPS + GLONASS  
(RTK-Verfahren 20 Hz)

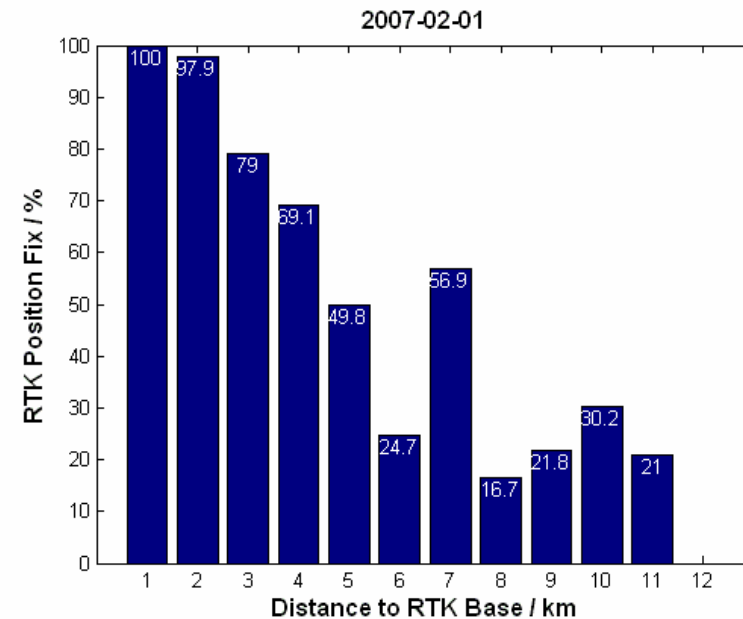


Positionsgenauigkeit (95%):

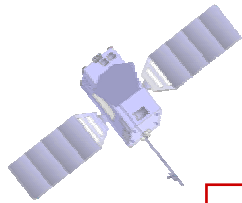
- bei RTK fix < 0.2 m
- bei RTK fix & Age 1s < 0.1 m

Einschränkungen im RTK-Modus:

- Basislänge Referenzstation – Rover
- Zugeordnete Abschattung durch Bebauung...

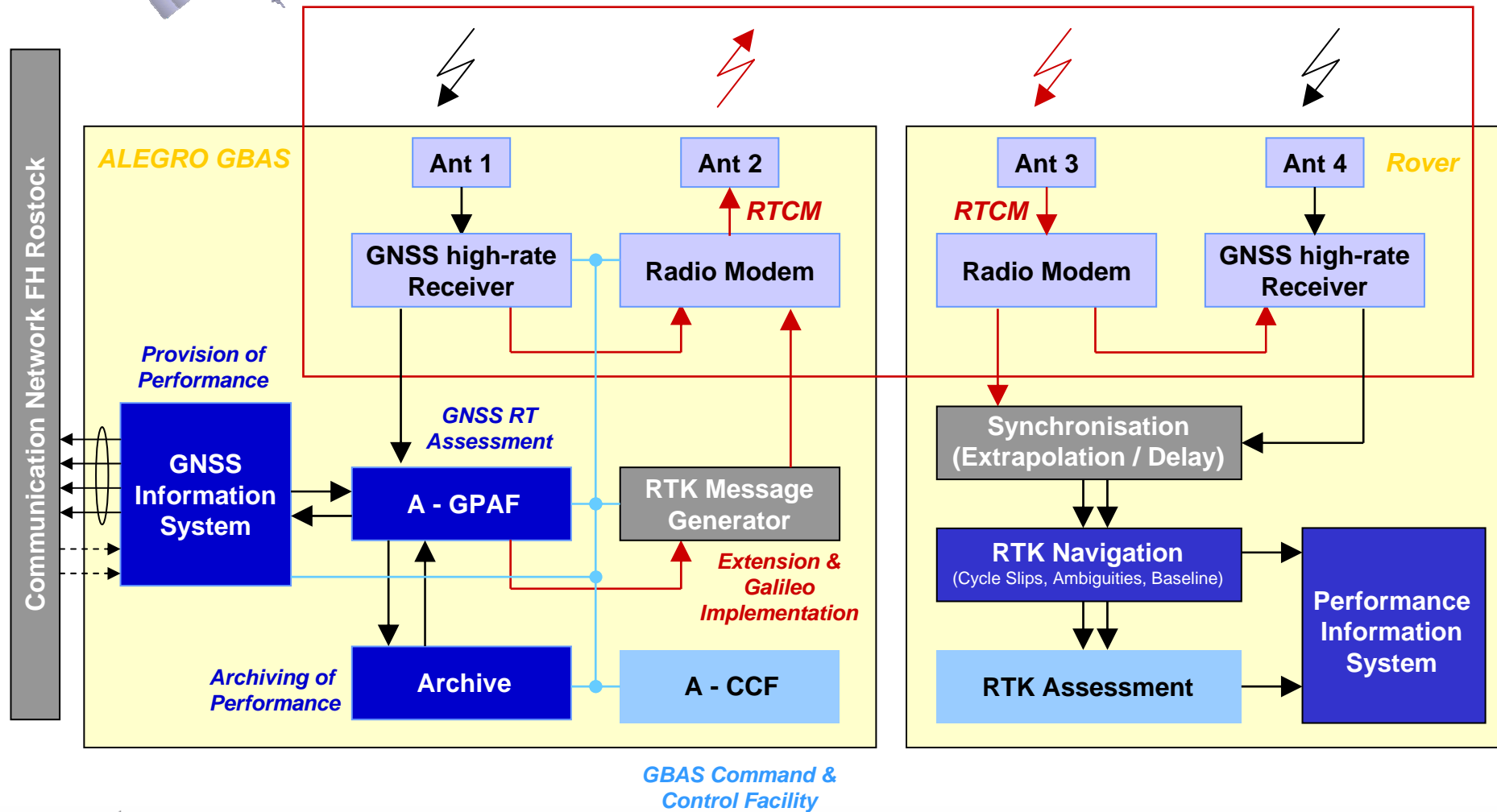


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# ALEGRO Architektur

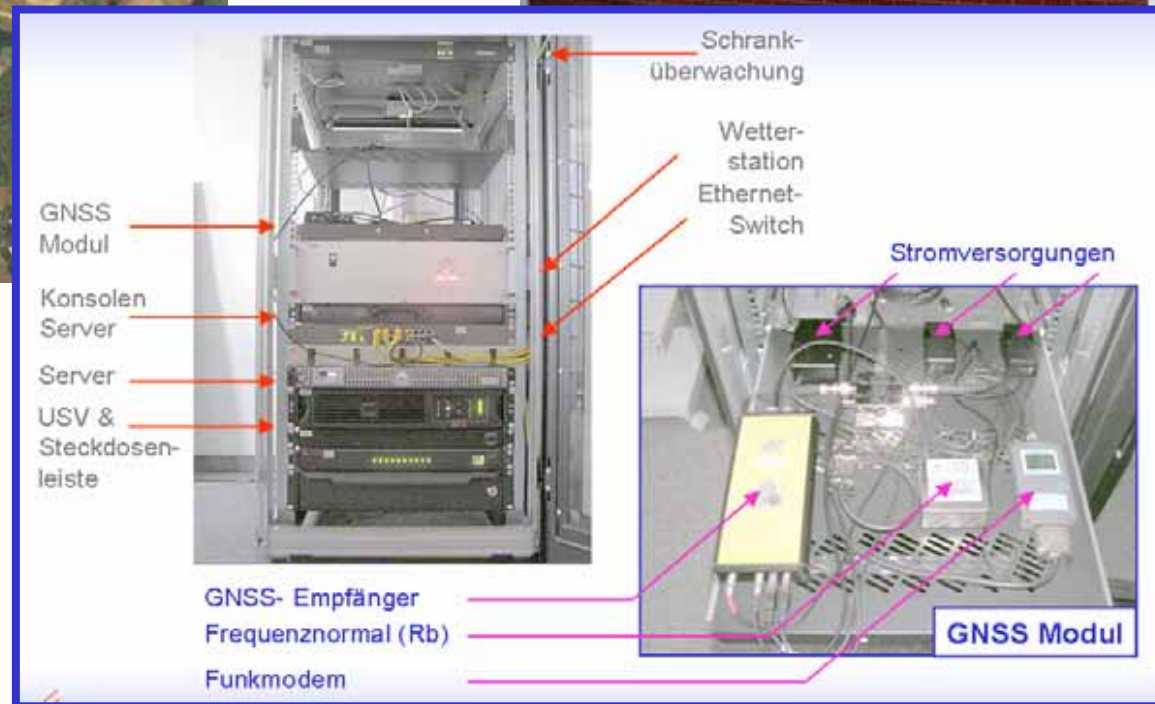
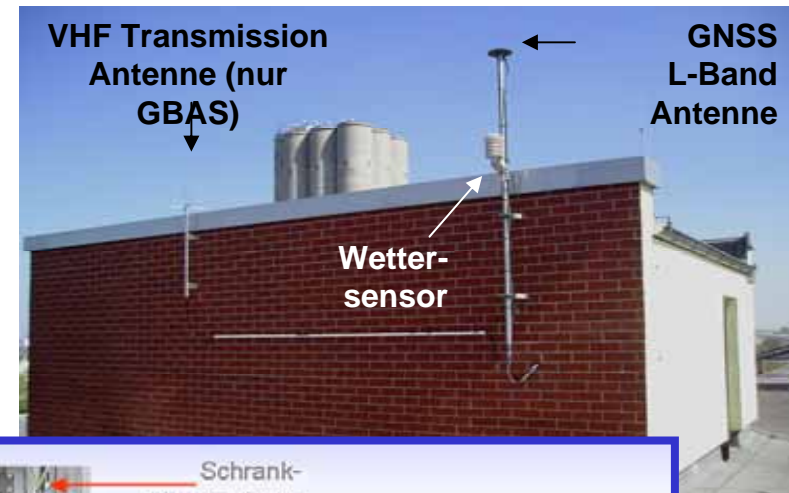
*Standard RTK*



# Experimentelle GBAS Station im Forschungshafen Rostock

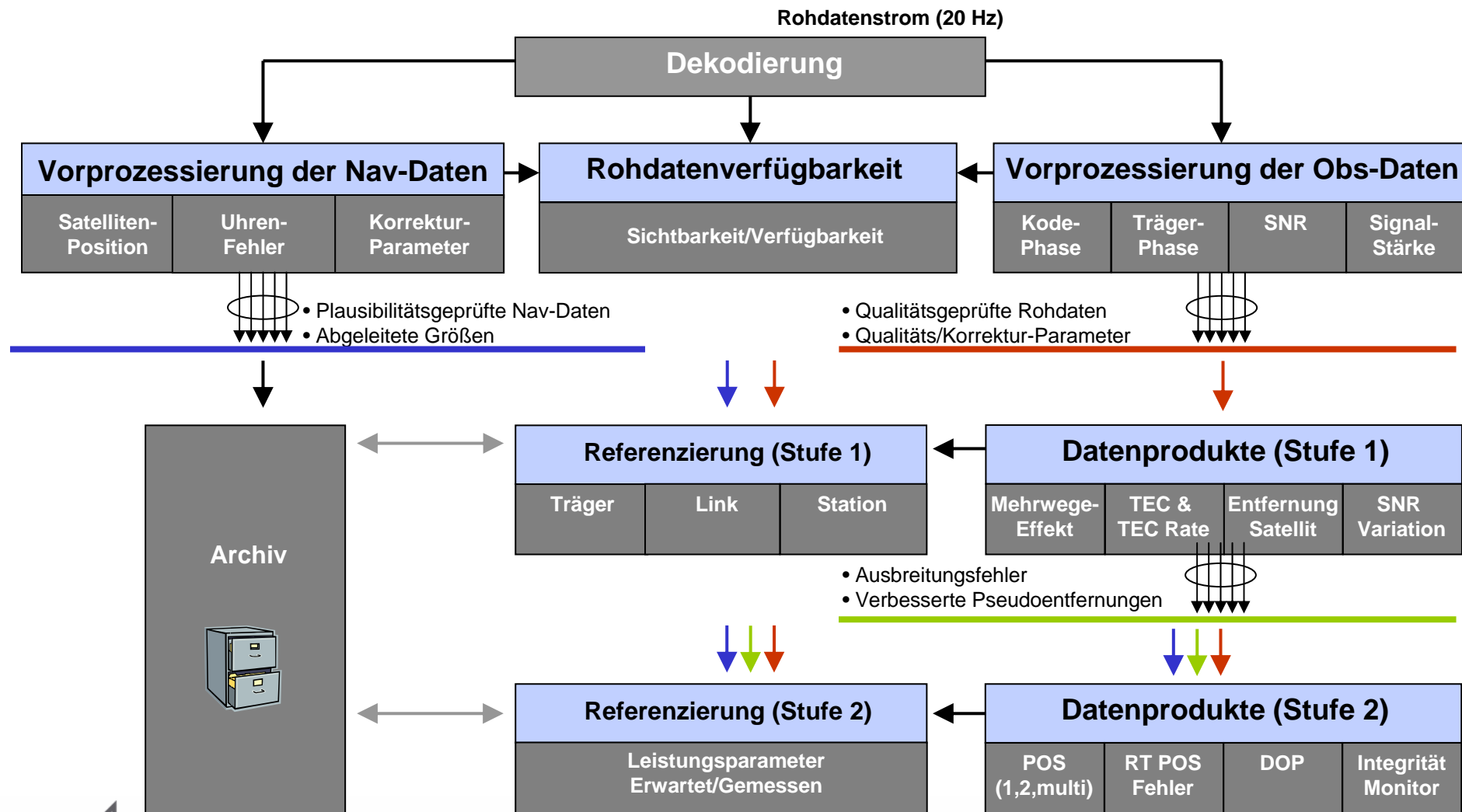


- Zusätzliche Monitoringstation (Redundanz) wird im Rahmen des ASMS Projekts errichtet





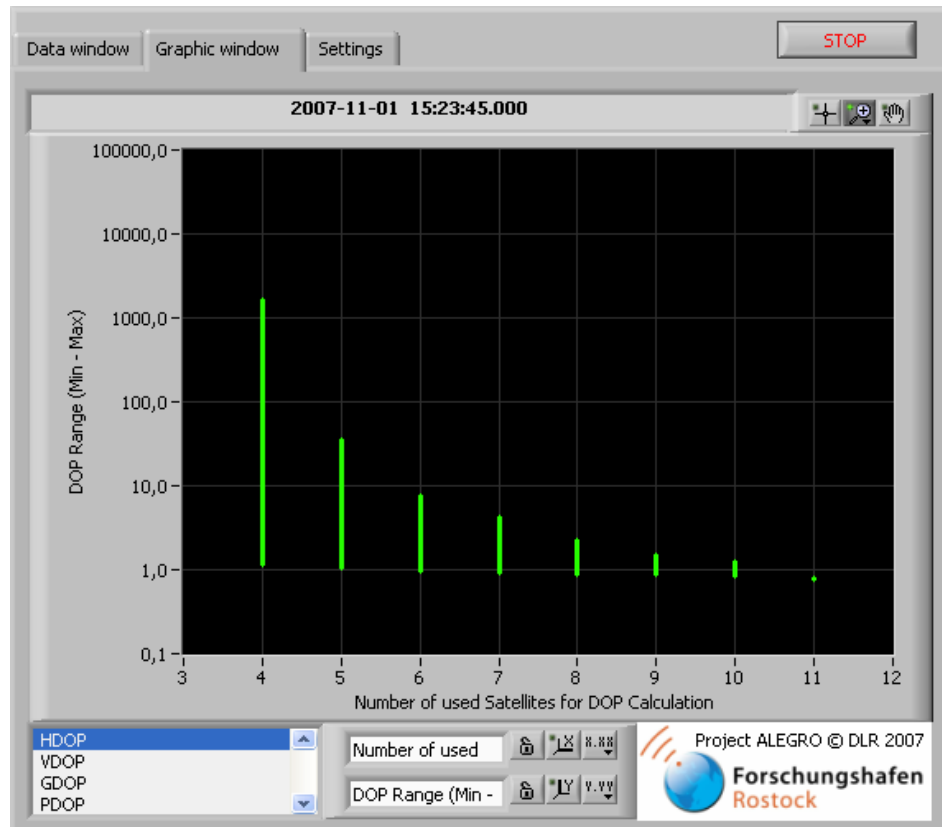
# GNSS Performance Assessment Facility





# Analyse der Situation in Echtzeit

## (Geometrie und Signalqualität)



Real Time Information über den Wertebereich der DOP's in Abhängigkeit von der Anzahl und Kombination getrackter Satelliten

Positionsgenauigkeit ist bestimmt durch

- geometrische Anordnung der sichtbaren Satelliten
- Qualität der genutzten Distanzmessungen ( $\text{offset}_{\text{Distanz}}, \sigma_{\text{Distanz}}$ )

### Der DOP Monitor:

Mit der Kenntnis der Distanzmessfehler ( $\text{offset}_{\text{Distanz}}, \sigma_{\text{Distanz}}$ ) ist eine verbesserte Abschätzung der Positionsgenauigkeit gegeben.

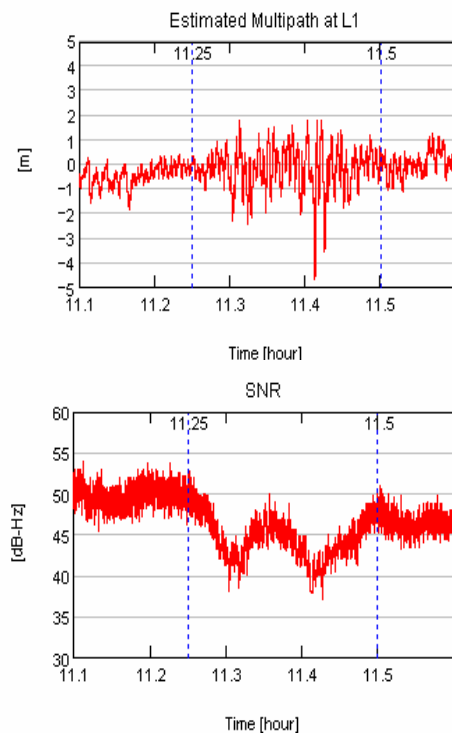
D. Klähn / C. Becker

# Qualitätskenngrößen in Echtzeit

## (Fehleranteile und ihre Klassifikation in Echtzeit)

1

### Mehrwegefehler der C/A-Codephase



- GBAS Korrekturdaten
- Positionsbestimmung
- Integrität der Position

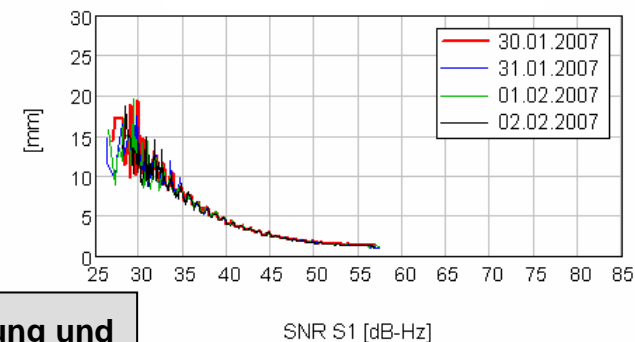
Bestimmung der Fehleranteile des GNSS-Signals in Echtzeit 1

Tageweise Modellierung und Archivierung des Referenzverhaltens 2

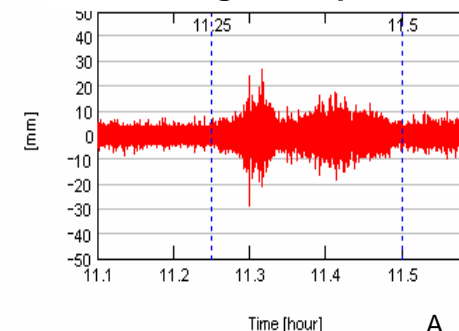
Bewertung der Fehler-Anteile 3  
a) im dynamischen Echtzeitmodell  
b) in Bezug auf Referenzverhalten

Situationsbezogene Steuerung der Navigationsverfahren

### L1-Phasenrauschen als Funktion vom SNR 2



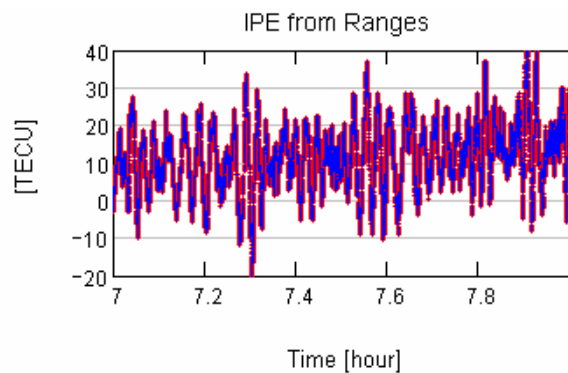
### Erhöhtes Phasenrauschen in Folge Multipath 3



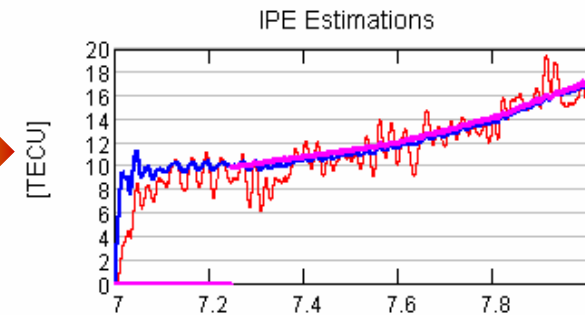
A. Hirrlinger / E. Engler

# Messwertverfeinerung in Echtzeit

## (Zeitabhängige Qualität von Korrekturen -> Systemsteuerung)

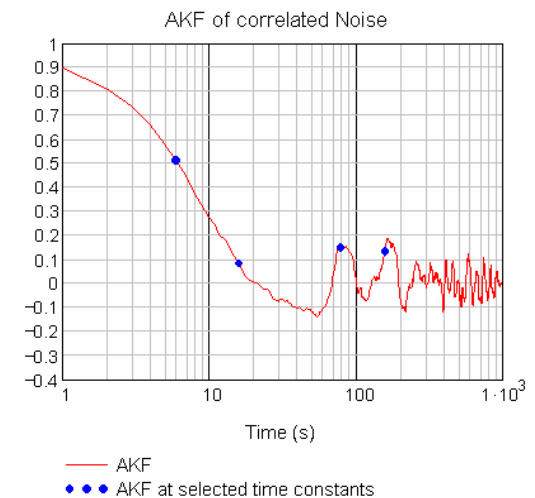
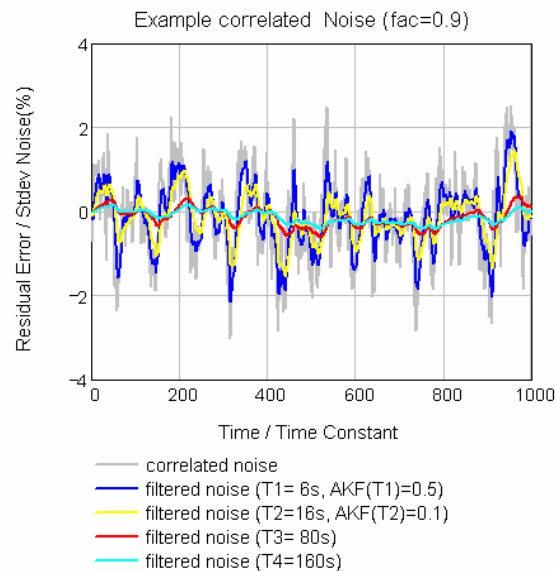


Qualitätsüberwachung  
von Korrekturgrößen  
und  
qualitätsgesteuerte  
Nutzung von  
Korrekturen



### Verfahrensoptimierung

- Initialisierung
- Einschwingverhalten
- adaptive Steuerung

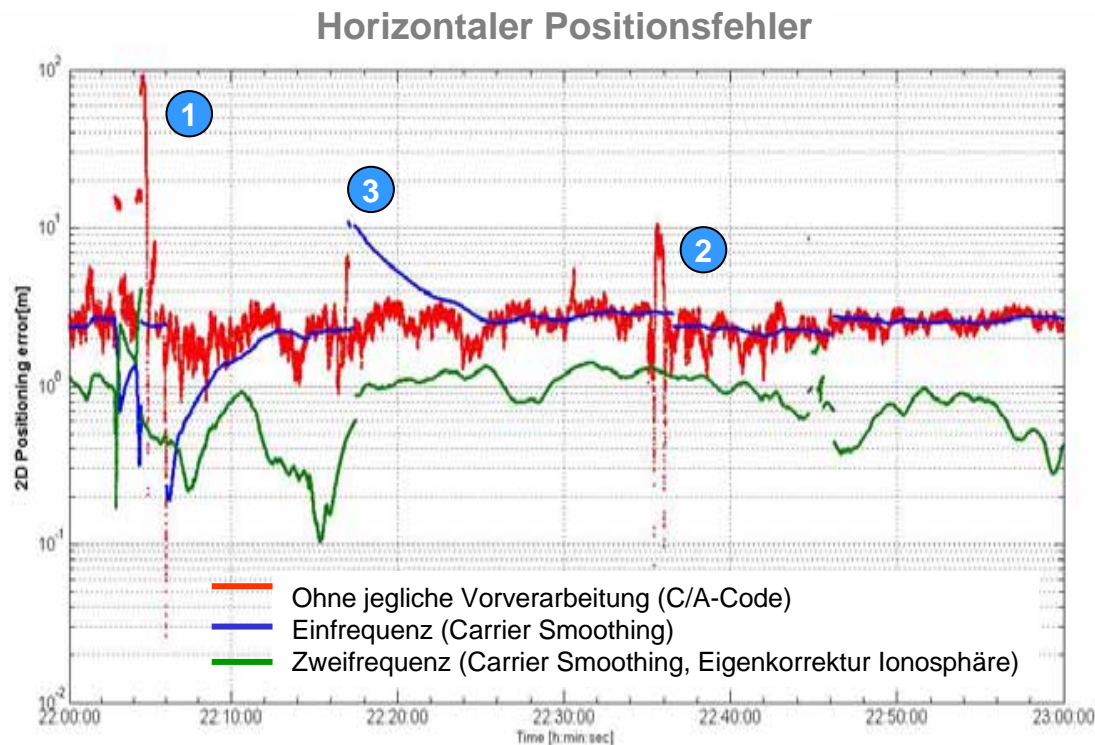






# Positionsgenauigkeit

## (Auswirkung von Mehrwegefehler)



J. Beckheinrich

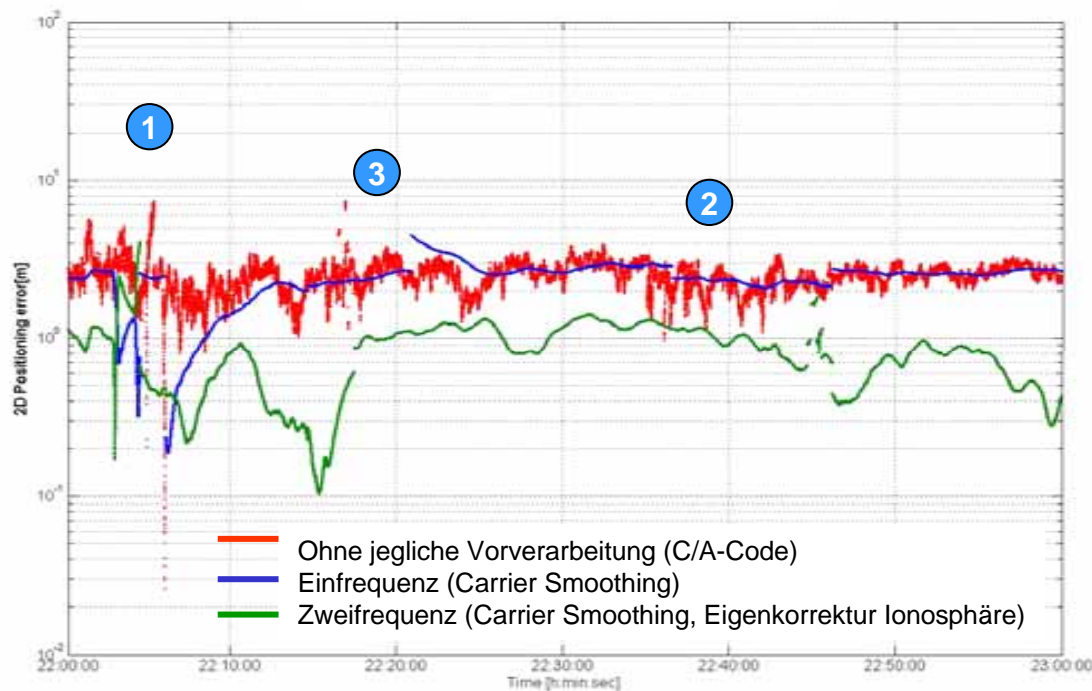
- 1 Ohne Vorverarbeitung verursacht der Mehrwegefehler auf dem PRN 3 Signal einen Positionsfehler von bis zu 90 m.
- 1 Aus der Vorverarbeitung nutzbare Korrekturen reduzieren oftmals Ausreißer in der Positionsgenauigkeit. Mit Verbesserung der Korrekturen steigt die Genauigkeit.
- 2 Ausreißer in der Positionsgenauigkeit. Mit Verbesserung der Korrekturen steigt die Genauigkeit.
- 3 Filterungsbasierte Korrekturen unterliegen einer zeitabhängigen Qualität. Ein temporär erhöhtes Fehlerbudget (Unter- bzw. Überkorrektur) ist die Folge.



# Positionsgenauigkeit

(Detection, Identification, Adaption)

Horizontaler Positionsfehler



J. Beckheinrich

- 1 Das DIA-Verfahren ist in der Lage,
- 2 GNSS-Signale mit erhöhtem Fehlerbudget (mit und ohne Vorverarbeitung) zu identifizieren und von der Positionsbestimmung zeitweise auszuschließen.

- 1 Intelligente Vorverarbeitung und das DIA-Verfahren bei der Positionsbestimmung sind
- 2 ergänzende Verfahren zur
- 3 Erhöhung der Genauigkeit und Verlässlichkeit der Position.

## Weitere Verbesserung (FuE-Ansatz)

- 1
- 3
  - Eigenbewertung ermittelter Korrekturen in Echtzeit
  - Situationsangepasste Messmodelle zur Konditionierung
  - Optimierung DIA-Verfahren



## Zusammenfassung und Ausblick

- Um Hochpräzision gepaart mit Integrität zu realisieren, sind Zusatzmaßnahmen weiterhin (Ground Based Augmentation System, Sensorfusion) erforderlich.
- Die Entwicklung zugeordneter Algorithmen, Verfahren und Systeme ist Gegenstand laufender und geplanter FuE-Aktivitäten. Im maritimen Bereich widmet sich der FH Rostock mit seinen Projekten dieser Aufgabenstellung.
- Laufende und initiierte Projekte mit IKN Beteiligung sind ausgerichtet auf
  - Entwicklung und Aufbau von maritimen GBAS
  - Integration GBAS in VTMS (Information >> Assistenz)
  - Integration GBAS in bordseitige Navigationssysteme